La importancia de la filosofía de la ciencia en el currículo de la enseñanza de las ciencias

Mtro. Luis Miguel Ángel Cano Padilla
Asesor en línea B@UNAM
Asesor en línea CUAED, UNAM
Coordinador de integración tecnológica en docencia
CAD, Extensión Académica, Facultad de Química, UNAM
canolma@gmail.com

Resumen: En este trabajo ofrecemos al lector una reflexión en torno a la relevancia que puede tener el tomar en cuenta incluir aspectos esenciales de la filosofía de la ciencia dentro del currículo de la enseñanza de las ciencias en la formación inicial. Esta importancia sostendremos en el transcurso del trabajo, se relaciona con la formación de una visión de ciencia, tanto en los docentes como en los estudiantes que les permita comprender la compleja interacción que existe en el mundo contemporáneo entre los avances científico-tecnológicos y la forma en la que se desarrolla la sociedad post industrial. Partimos del ejemplo concreto de la visión de ciencia que se muestra en los programas de estudio de educación básica y normal en México y a partir de ahí argumentamos la necesidad de mayores modificaciones, sobre todo en la práctica docente y ofrecemos un ejemplo concreto.

Palabras clave: Programas de estudio, ciencias, educación básica, filosofía de la ciencia, México, positivismo lógico

Abstract: in this papel we offer to the reader some toughts about the need to take into account some principles of the philosophy of science in the elaboration of science educational programmes, particularly in elementary and secondary education. We try to show that the importance of doing this is related with the construction in the teacher as well as in the student of a coherent image of science that allows both of them undestand the complex relation between the advancement of science and thechnology in the modern world and how post industrial societies develops. We depart showing the “image” of science that prevails in mexican science curricula for basic education and from there we argue the need of more changes in that image, but specially in the context of real educative practice, for that we show a sigle and situated example.

Key words: Educative programmes, science, basic education, philosophy of science, Mexico, logical positivism.

1. Introducción

Uno de los mayores retos de todo docente en el campo de las ciencias debería ser el de comenzar por analizar el concepto mismo de ciencia; sin embargo, esto con frecuencia no sucede así, y en su lugar se suele soslayar este análisis y proceder directamente al abordaje de los contenidos disciplinarios señalados por el programa. Adoptar esta postura implica dejar al estudiante con una laguna conceptual importante, que puede tener implicaciones igualmente importantes, entre las cuales podemos destacar, en primer lugar, el hecho de presuponer que el concepto de ***ciencia*** no necesita clarificación de ninguna especie. En segundo lugar, con esta actitud inducimos a que el alumno considere que la ciencia y/o lo científico se reduce a lo que hacemos en clase de ciencias y a que, por analogía, extienda su noción propia de ciencia sin reflexionar críticamente sobre ella. Finalmente, dejamos del lado el reconocimiento y análisis de las ideas previas de nuestros alumnos sobre la ciencia, con la consecuente imposibilidad de enriquecer los contenidos propiamente disciplinarios, enmarcándolos dentro de un desarrollo social y humano. Este análisis inicial en torno al concepto de ciencia se enmarca dentro del área de conocimiento conocida en el ámbito de la enseñanza de las ciencias como Naturaleza de la Ciencia (NdC), la cual, como bien menciona el experto José Antonio Acevedo Días (2010), los profesores de educación en ciencias tienden a desconocer.

> Las investigaciones realizadas en las dos últimas décadas han mostrado con claridad que el profesorado de ciencias de los distintos niveles educativos no tiene, en general, una buena comprensión de la NdC ni, tampoco, los futuros profesores de ciencias de secundaria, cuyas creencias no son muy diferentes de las del profesorado de ciencias en ejercicio. Así pues, es evidente la necesidad de prestar mucha más atención a la NdC en los cursos de formación del profesorado de ciencias de todos los niveles educativos, tanto en la formación inicial como en la correspondiente al ejercicio profesional.

Lo anterior, consideramos seriamente, parte de otro **presupuesto** muy importante, a saber: que de manera generalizada se considera que es posible hacer ciencia sin saber, ni preguntarse, ni reflexionar qué es eso, ni en tanto concepto ni en tanto práctica social, reduciendo el asunto a una suerte de aprendizaje mimético dirigido por el docente que,

en este contexto, termina resultando más una suerte de "iniciado", en el sentido esotérico de la palabra.

Pocos docentes del campo de las ciencias están dispuestos a admitir que realmente no cuestionan la visión de ciencia que enseñan; pero muchos más ni siquiera están conscientes realmente de que tienen una visión determinada de ciencia, pues ellos mismos adquirieron su conocimiento de "lo que es la ciencia" a través de la práctica habitual, sin mucha reflexión teórica de por medio. Al momento de enseñar ciencias, en el mejor (o tal vez peor de los casos), se asume una posición completamente empírica acerca del tema; en este contexto, hacer ciencia es equivalente a hacer experimentos para recolectar evidencia y datos, graficar y calcular, pero sin reflexionar tampoco cómo fue que se llegó, de manera histórica a considerar que ésta era la forma adecuada de hacer ciencia y no otra.

De manera algo inconsciente, los docentes de ciencias suelen hallarse aún en el paradigma del positivismo lógico (Acevedo, 2001), aunque nunca mencionen a Carnap o Neurath en sus clases, esto es así porque, como bien lo menciona Belén Laspra (2010), la educación científica finalmente se nutre de los paradigmas científicos imperantes, si estos no evolucionan en el currículo de las instituciones educativas, los profesores y, consecuentemente, los aprendices siguen girando en torno a dicho paradigma.

> *El modo en el que la educación ha abordado el conocimiento científico a lo largo de la historia está íntimamente ligado al paradigma científico imperante. Esta íntima ligazón no afecta sólo al contenido de las materias educativas relacionadas con la ciencia, sino que va más allá, transformando el modo en que la ciencia es enseñada, modificando los patrones de autoridad y redefiniendo las fuentes de información. La visión tradicional de la ciencia del Positivismo Lógico concibe el conocimiento científico como esencialmente verdadero, racional, objetivo, neutral y acumulativo. Estos atributos bien podrían servir para caracterizar el modo en que la educación tradicional trata los contenidos científicos. (Laspra, 2010)*

2. Ejemplos de la visión de ciencia en los programas de las reformas a la educación normal y básica en México 1997 – 2009 - 2011

En la actualidad los programas de estudio en México se han estado actualizando en relación a la visión que debe tener tanto un docente como un alumno acerca de la

práctica científica, de tal manera que, para poner algún ejemplo, se aceptan cosas como la constante renovación de las teorías científicas, o bien se reflexiona sobre los impactos tecnológicos en la sociedad (SEP, 2011), además de la importante vinculación entre ciencia y ciudadanía, la cual debe asumir, de una manera u otra, el concepto de alfabetización científica. (ver figura 1)

Propósitos para el estudio de las Ciencias Naturales en la Educación Básica

El estudio de las Ciencias Naturales en la Educación Básica busca que niños y adolescentes:

- Reconozcan la ciencia como una actividad humana en permanente construcción, con alcances y limitaciones, cuyos productos son aprovechados según la cultura y las necesidades de la sociedad.
- Participen en el mejoramiento de su calidad de vida a partir de la toma de decisiones orientadas a la promoción de la salud y el cuidado ambiental, con base en el consumo sustentable.
- Aprecien la importancia de la ciencia y la tecnología y sus impactos en el ambiente en el marco de la sustentabilidad.
- Desarrollen habilidades asociadas al conocimiento científico y sus niveles de representación e interpretación acerca de los fenómenos naturales.
- Comprendan, desde la perspectiva de la ciencia escolar, procesos y fenómenos biológicos, físicos y químicos.
- Integren los conocimientos de las ciencias naturales a sus explicaciones sobre fenómenos y procesos naturales al aplicarlos en contextos y situaciones diversas.

Figura 1 Párrafo de la guía del maestro para los programas de estudio 2011

Sin duda alguna esta forma de ver a la ciencia repercutirá en el futuro en la forma de hacer ciencia, tanto a nivel profesional como en el ámbito de las competencias científicas que logre obtener un ciudadano educado en el marco de estos nuevos programas de estudio.

Por otra parte existe también un severo problema, al menos en México. Las reformas que se han estado implementando desde 1997 a la fecha, en materia de una visión de ciencia más acorde con los procesos reales de investigación, datan de los años 60's y 70's, esto es, tienen al menos casi 30 años de retraso. Tras estas tres décadas se ha

ido favorecido en la educación pública mexicana una visión más flexible, interdisciplinaria y multicultural de la enseñanza de la ciencia, que tiene sin duda un trasfondo filosófico basado en el cambio de paradigma planteado por Thomas Kuhn (1962), sobre la forma misma de plantear la ciencia. No obstante, y a pesar de que algunos filósofos de renombre en México, como León Olivé, han contribuido con aportaciones a estas reformas, aún se tienen fuertes rezagos, tal vez inconscientes, en la consideración de cómo se hace y/o desarrolla la ciencia. Así, por ejemplo, en un párrafo del programa de estudios de ciencias naturales para el sexto grado de educación básica de México, se sigue afirmando categóricamente que la tarea de la ciencia es proporcionar respuestas. (figura 2)

> *Comprensión de fenómenos y procesos naturales desde la perspectiva científica.* Al estudiar ciencias naturales en la escuela, los alumnos adquieren conocimientos, habilidades y actitudes que les permiten comprender mejor los fenómenos naturales y relacionar estos aprendizajes con la vida cotidiana. Se pretende que los alumnos comprendan que la ciencia es capaz de responder sus preguntas y explicar fenómenos naturales cotidianos relacionados con la vida, los materiales, las interacciones, el ambiente y la salud. En este proceso plantean preguntas y buscan respuestas en torno a diversos fenómenos y procesos naturales para fortalecer sus representaciones y comprensión del mundo.

Figura 2 Párrafo del programa de estudio 2009 para sexto grado.

Pero ¿este enfoque es realmente adecuado? La ciencia carece de respuestas para la mayor parte de nuestras preguntas, y en la mayoría de los casos, trabaja *ceteris paribus*, es decir bajo ciertas condiciones solamente y con resultados parciales y corregibles. Enseñar, pues, a un alumno en formación inicial que la ciencia le ha de proporcionar respuestas a todo lo que se pregunte, sin señalar lo antes mencionado, no parece una forma de alentar un desarrollo adecuado de su concepción sobre la ciencia y, por lo mismo, en su habilidad para desarrollarse en dicho campo, pues una visión equivocada no puede contribuir a dicho desarrollo. Una cosa es buscar explicaciones a los fenómenos y otra muy distinta ofrecer una respuesta que, por el tono del párrafo citado, se antoja incluso contundente. Desde luego, el tono puede ser controvertible y no nos interesa polemizar aquí acerca de si esta es una visión de quien planteó los objetivos o no.

En México, la educación básica comprende 6 años de educación primaria y 3 años de educación secundaria, antes del ingreso al bachillerato. Esto significa que la primera generación que se benefició de esta nueva visión de la ciencia, si consideramos 1997 como el año en el que realmente inició el cambio de paradigma educativo (que por muchas razones realmente no lo fue), entonces apenas en 2005 se habría graduado la primera generación que hubiese aprendido ciencias con esta nueva visión.

Desafortunadamente no hay razones para creer que el impacto en este cambio haya sido ni vaya a ser muy profundo; después de todo, los resultados de las pruebas PISA para ciencias no han sido muy alentadores en México, ni en 2009 ni en 2012, años para los cuales se esperaría que los resultados de las reformas curriculares fueran notorios. En el caso de 2009, México obtuvo un total de 416 puntos de desempeño, mientras que en el caso de 2012 el nivel medio que México alcanzo fue de 415 puntos, lo que lo coloca, en ambas ocasiones, en el nivel 2 de los 6 que señala la OCDE. Esto es realmente muy alejado del nivel ideal y nada cerca siquiera del promedio que señala la OCDE de 501 puntos de desempeño. (INEE 2009, INEE 2012)

MEX	**MÉXICO**	**416**	**1.8**
JOR	Jordania	415	3.5
TRT	Trinidad y Tobago	410	1.2
BRA	Brasil	405	2.4
COL	Colombia	402	3.6
MON	Montenegro	401	2.0
ARG	Argentina	401	4.6
TUN	Túnez	401	2.7
KAZ	Kazajistán	400	3.1
ALB	Albania	391	3.9
IND	Indonesia	383	3.8
QAT	Qatar	379	0.9
PAN	Panamá	376	5.7
AZE	Azerbaiyán	373	3.1
PER	Perú	369	3.5
KIR	Kirguistán	330	2.9
Promedio OCDE		**501**	**0.5**

MEX	MÉXICO	415	1.3
MON	Montenegro	410	1.1
JOR	Jordania	409	3.1
ARG	Argentina	406	3.9
BRA	Brasil	405	2.1
COL	Colombia	399	3.1
TUN	Túnez	398	3.5
ALB	Albania	397	2.4
QAT	Qatar	384	0.7
IND	Indonesia	382	3.8
PER	Perú	373	3.6
	Promedio OCDE	501	0.5

Figuras 3 y 4 La escala de México en ciencias durante la prueba PISA en 2009 y 2012.

Probablemente estos resultados se obtengan no por una mala integración del currículo o falta de voluntad política, sino simple y sencillamente debido a que, antes de 1997, cuando ocurrió la reforma en la visión de ciencia, no solamente los alumnos, sino sobre todo los profesores que enseñan a esos alumnos se habían formado en un paradigma muy distinto al que se está planteando hoy en día.

En 1997, de donde data el plan de estudios (SEP 1997) de las escuelas normales mexicanas, previo a la reforma del 2011, había alrededor de 46,000 matriculados y todos se formaron bajo criterios, que según el plan del 97, debían basarse en cosas como el reconocimiento de que no hay un solo método científico valido universalmente. (Figura 5).

Es esencial que los estudiantes sepan que hay criterios y normas del proceder científico universalmente válidos, pero igualmente que comprendan que no hay un método científico único, formado por etapas indispensables y con una secuencia que no puede variar. Será muy positivo que los estudiantes asuman que la creatividad metodológica es parte esencial del avance científico.

Figura 5. Párrafo del plan de estudios 1997 para la Licenciatura en Educación Primaria

Esto es algo desconcertante por varias razones: pues se acepta que no hay un método único, pero a la vez se admite que hay *criterios y normas del proceder científico universalmente válidos,* aunque no se dice y ni siquiera se insinúa, cuáles son esos criterios o normas. Este párrafo es aún más ambiguo que el que enmarca el plan de estudios del 2009 para la educación primaria, pues resulta además contradictorio. Lo que este hecho refleja simplemente es que, aunque los programas y planes de estudio, tanto de las escuelas normales como de la educación básica, comenzaron a integrar modificaciones a la visión de ciencia, no había claridad alguna en los criterios que establecían dicha visión. Se sabía que se estaba volviendo más flexible, pero aún se consideraba como fundamental que la ciencia pudiera dar respuestas o que usara criterios que proporcionaran resultados universalmente válidos, todo esto más en concordancia con el positivismo lógico y la concepción heredada que con la visión historicista y CTS, que para entonces ya estaba bien desarrollada en Estados Unidos y algunas partes de Europa.

Otro problema es que no se concretó en el aula la visión de ciencia que proponían los planes de estudio del 97 y 2009, en gran parte debido a la ambigüedad que mencionamos; después de todo, ¿qué significa, por ejemplo, eso de la "creatividad científica" que, según el párrafo de la figura 5, sería excelente que los estudiantes asumieran? No lo explica en ningún lugar, no se trataba más que de algo deseable, pero

no hay evidencia de que se considerara algo fundamental para orientar a los alumnos hacia el desarrollo de habilidades o competencias propias del pensamiento científico. En consecuencia no hubo realmente trascendencia en esta forma de ver a la ciencia.

La prueba PISA no es solamente una prueba para medir las habilidades y destrezas de los alumnos al hacer cálculos y graficar datos, ante todo busca que los alumnos muestren habilidades cognitivas de otro nivel, como la ubicación de un problema, la capacidad de argumentar, e incluso la creatividad en la búsqueda de respuestas; es decir, lo que se relaciona con lo que PISA denomina "competencia científica", la cual es una forma de ver a la ciencia muy alejada a la de simplemente resolver problemas de lápiz y papel. Pero esta visión de ciencia no se puede generar de la nada, necesita ser constantemente estimulada por los formadores, los cuales, a su vez, necesitan ya poseer una visión distinta de lo que es la práctica científica.

3. La visión común de ciencia que se tiene entre el profesorado y su relación con el positivismo lógico

En nuestro caso particular, hemos podido comprobar que, en la actualidad, una buena parte de profesores de ciencias naturales, desde educación básica hasta superior, muestran tendencias a considerar que el conocimiento científico tiene rasgos que lo distinguen claramente y sin ambigüedad de otros tipos de creencias, tal como lo afirma el principio de demarcación, que afirma que es posible establecer límites precisos y no ambiguos entre lo que es y no es conocimiento científico, o que parte de estos rasgos distintivos es la aplicación estricta del método científico, el cual garantiza objetividad y universalidad a los resultados entre otras cosas.

Además de esto, se puede notar una influencia grande de los medios de comunicación en la imagen que los profesores muestran del científico y su trabajo. En una actividad denominada "Dibuja un científico", que aplicamos de manera regular en el contexto de los programas de actualización de los docentes en servicio, hemos podido apreciar que se muestran una serie de atributos representando el imaginario del docente en torno, como ya dijimos, al científico y su labor. Una mayoría abrumadora representa,

por ejemplo, al científico como un varón solitario, de edad madura, con bata, aspecto descuidado y toda una serie de fetiches asociados con la investigación científica en la mente popular, como: tubos de ensayo, retortas, microscopios, pizarrones con ecuaciones matemáticas, etc. (figuras 6, 7 y 8) Estos ejemplos, se enmarcan dentro del imaginario popular, en figuras que representan científicos, desde películas de Hollywood hasta series animadas populares entre los niños.



Figuras 6, 7 y 8

Todo esto se suma al hecho de que algunos puntos de los planes y programas de estudio se sitúan dentro de una visión muy cercana al positivismo lógico, la cual ha permeado también en los medios de comunicación, en los libros de texto y en otras fuentes de información, desde ya hace un buen rato. Según esta postura, ampliamente adoptada por los docentes de manera inconsciente pero generalmente desconocida en sus fundamentos, se considera que:

1) La ciencia se reduce a aquello que puede verificarse por medio de la experiencia o de la lógica matemática. Este es el famoso “principio verificacionista del significado” postulado por Rudolf Carnap y una condición necesaria y suficiente para que las proposiciones de la ciencia sean decidibles, esto es, puedan ser clasificadas como verdaderas o falsas, lo que llanamente significa que siempre ofrecen una respuesta, como lo afirma el párrafo señalado en la figura 2.

2) Los resultados científicos pueden ser separados completamente de los individuos, sociedades y condiciones históricas en los cuales se desarrollan.

3) La ciencia “descubre” las leyes de la “realidad”. Este punto ya planteado desde el materialismo mecanicista de Ludwig Büchner, fundamenta el que haya reglas y normas universales, como lo afirma el párrafo mostrado en la figura 5

4) Solamente hay un único método por el cual se pueden obtener las verdades que descubre la ciencia. (Grupo Argos, S/f). Este punto lo vemos reflejado en la ambigüedad y contradicción que muestra el programa de educación normal de 1997, en el que se afirma, por una parte, que no existe un único método científico, pero, por otra parte, afirma que hay normas universales que la ciencia debe acatar.

Desde finales del siglo XIX y durante todo el siglo XX la concepción heredada moldeó poco a poco la imagen popular de lo que es la ciencia y el científico. Esta es la imagen que presuponemos cuando iniciamos nuestras clases sin preguntarnos ¿qué es la ciencia? Pero, lo más importante es que se trata también de la imagen que les heredamos a nuestros alumnos, al trasmitirles los contenidos de la disciplina sin reflexión alguna sobre el contexto de su desarrollo. Mas, ¿acaso tiene esto algo de malo? ¿Que no es así como trabaja y se enseña la ciencia?

4. El cambio necesario hacia el modelo CTS

Poco a poco nos hemos ido percatando de que la visión aproblemática de la ciencia presentada por los partidarios de la visión heredada, ha resultado ser extremadamente problemática. En primer lugar, ciertamente se puede hacer “ciencia” sin preguntarse lo que esta sea; esto es así porque la pregunta “¿qué es la ciencia?” no es una pregunta que competa a la ciencia misma, sino que se trata de una pregunta meta-científica, es decir, una pregunta que no se agota solamente en el ámbito científico propio de cada disciplina. Para entender esto hagamos la analogía con un neurólogo. Este experto puede conocer perfectamente la anatomía y la fisiología del cerebro, distinguir perfectamente las partes de las neuronas y su función, incluso saber qué consecuencias puede provocar una lesión en alguna parte especifica del cerebro. Sin embargo, y aún con todo este increíble conocimiento, es probable que no pueda decir qué es la “mente” o cómo funciona la conciencia, por qué unas personas tienen mejores ideas que otras, por qué sentimos amor, odio, remordimientos, o simplemente de dónde surge la creatividad.

Es al intentar responder estas últimas preguntas, que nos damos cuenta de que la anatomía y la fisiología del cerebro juegan un papel importantísimo en todo esto, pero que no son suficientes por sí mismos para ofrecer las respuestas requeridas. Es ahí en donde deben entrar otras disciplinas, como la psiquiatría, la psicología, la filosofía, etc. Del mismo modo, para entender qué es ciencia no basta con saber física, química, biología o matemáticas, aunque todas estas disciplinas compartan elementos que las agrupan dentro de dicha categoría, más aún no basta tampoco con contar con buenas estrategias didácticas para enseñar ciencias, si el docente no cuenta con una visión de ciencia que articule los contenidos, estos no se podrán transponer al contexto del estudiante.

Debemos comenzar entonces por comprender que la ciencia es un tipo peculiar de conocimiento así como un conjunto de prácticas que nos permite intentar explicar y lidiar con las situaciones de nuestro entorno. En este sentido la pregunta sobre ¿qué es la ciencia? podría ser re-direccionada entonces hacia esta otra: ¿Qué distingue a este tipo de conocimiento? Esta pregunta se ha vuelto un verdadero dolor de cabeza y, ciertamente, aunque lo, parezca no es nueva. Desde hace más de dos milenios se ha intentado definir sin poder lograrlo. Hoy día, sin embargo, se ha hecho más apremiante reflexionar sobre qué es la ciencia y el conocimiento científico, a lo que también se ha añadido la pregunta respectiva sobre la tecnología. Vivimos en una era en la que nadie escapa a los desarrollos y a las consecuencias, a veces funestas, otras maravillosas, de los avances de ambas. Pero también vivimos en una época en la que muchos pensadores de diversas áreas del conocimiento, como la historia, la filosofía y la sociología, así como de las ciencias mismas, han cuestionado seriamente la visión de ciencia que nos ha legado la dichosa concepción heredada. (Olivé, 2000)

En particular, el enfoque denominado CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad), desarrollado mayormente durante la década de los años 60's del siglo pasado, enfatizó la importancia que tiene la interacción entre ciencia y sociedad, no como dos entes aislados ni yuxtapuestos, sino como una unidad complementaria. Desde el punto de vista del análisis teórico se mostró que la ciencia no se puede reducir a aquello que se verifica por medio de la experiencia o de la lógica matemática, ya que: a) la experiencia,

específicamente, la observación de los fenómenos naturales, conlleva una carga teórica de la que el observador a veces no es consciente pero que permea todas y cada una de sus observaciones, (Hanson, 1958): b) las observaciones mismas están sujetas a interpretación sin que haya un método único para decidir cual es la mejor interpretación c) A lo largo del siglo XX se desarrollaron lógicas y matemáticas divergentes a las conocidas hasta entonces, algunas de ellas originadas por el descubrimiento de las geometrías no euclidianas y el desarrollo de la física de partículas.

Por otro lado, se derrumbó la idea de que los resultados científicos pueden ser separados completamente de los individuos, sociedades y condiciones históricas en los cuales se desarrollan. Los trabajos de Thomas Kuhn (1962) mostraron cómo los aspectos socio-políticos influyen en la elección de las teorías que posteriormente se vuelven paradigmas, y de cómo los valores de los individuos y la sociedad también permean en el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Se dejó de hablar, entonces, de la neutralidad de la ciencia, la cual se había mantenido ilusoriamente durante mucho tiempo como pilar de la llamada "objetividad" científica. Las dos situaciones anteriores también mostraron que ya no se podía afirmar que la ciencia solo se encargaba de "descubrir" las leyes de la "realidad", ya que la situación resultó ser más complicada, en primer lugar, dado que los valores, intereses y creencias contribuyen a la interpretación de lo que se observa; en segundo lugar, se suma a esto el hecho de que no se puede asegurar que exista un método seguro y único para "descubrir" dichas leyes (o verdades científicas), debido al desarrollo de instrumentos divergentes a los usados en el denominado "método científico". (Olivé, 2000)

Asimosmo junto con el análisis teórico, caminó a la par la crítica social hacia los desarrollos de la ciencia, la tecnología y sus consecuencias. Al final de la segunda guerra mundial todavía se creía que estos desarrollos serían la panacea de la humanidad y que todo conllevaría progreso y bienestar (Harari, 2013). Pero, para la década de los 60´s comenzaron las observaciones en torno a la evidente contaminación del medio ambiente, el poder devastador de las nuevas armas y los peligros del desarrollo de nuevas tecnologías, como la biotecnología y el desarrollo de organismos modificados mediante la

ingeniería genética, por ejemplo. Se hizo conciencia acerca de la transición de una sociedad industrial (dedicada a la manufactura) hacia una sociedad de la información y del conocimiento, en donde lo que se vende ya no son artículos físicos, sino información, técnicas, patentes, ideas. Se comenzó a analizar a la desigualdad social desde el punto de vista de su desarrollo científico y tecnológico (economías del conocimiento), y se dejó de apostar, al menos en las naciones desarrolladas, a la dependencia de sus economías sobre la efímera base de la explotación de los recursos naturales.

Todos estos cambios generaron una nueva visión de ciencia interdisciplinaria y transdisciplinaria, lo que hizo que ya no fuese tan sencillo definir a la ciencia en términos absolutos y universales, ya que, ante todo, la ciencia paso a ser considerada como una actividad o práctica social en constante movimiento, y con repercusiones en y desde la sociedad en la que dicha práctica se lleva a cabo. La enseñanza de la ciencia ha adquirido nuevas dimensiones a partir de todo esto, ya que, como se puede apreciar, no basta con desarrollar los contenidos propios de cada disciplina (física, química, biología), sino integrarlos en un contexto social, y aún cultural, que sirva como plataforma para generar reflexiones, investigaciones, e incluso acciones a nivel local.

Parte de la educación científica consiste precisamente en analizar de manera crítica el desarrollo histórico y social de la ciencia, así como la flexibilidad de sus métodos. La idea de que la aplicación del llamado método científico como “receta de cocina” nos conducirá hacia la “verdad”, resulta, a la luz de lo que hemos visto, sumamente ingenua, dado que en la construcción del conocimiento científico influye una variedad de factores que nunca pueden ser completamente integrados en ninguna metodología. Pero esto tampoco significa que nos hayan dejado de ser útiles cosas tan importantes como la observación, la experimentación o la elaboración de hipótesis. Simplemente significa que debemos revalorar el peso de todos los factores contextuales que se encuentran involucrados en la práctica humana llamada “ciencia”.

Una idea errónea acerca de la ciencia nos ha conducido a formarnos la creencia de que ésta solamente trabaja con leyes universales y que tiene las respuestas para todo tipo

de preguntas (o las tendrá). Sin embargo, lo que caracteriza a la ciencia es más bien el hecho de que continúe la investigación de la naturaleza porque precisamente no ha encontrado las leyes de todo ni tiene las respuestas para todo. La falta de certeza científica es un hecho en la mayoría de los campos de conocimiento y esto trae consigo ciertas consecuencias que no resultan obvias a primera vista. Una de estas consecuencias relativas a la falta de certeza científica está directamente relacionada con el ámbito del análisis y la gestión de riesgos, en donde los distintos grados de ausencia de conocimiento se dividen en riesgo, incertidumbre e ignorancia, dependiendo de en qué medida las variables que integran los escenarios de situaciones potencialmente dañinas nos son conocidas.

La ciencia trabaja con riesgos e incertidumbres, no con certezas. Esto ha quedado claro desde los orígenes de la sociedad industrial, pero hasta los años 60's este hecho comenzó a tener consecuencias debido a los efectos negativos que trajeron consigo un sinnúmero de desarrollos tecnológicos aplicados a la industria, por ejemplo el DDT, o los agroquímicos, entre los que se incluían deterioros al medio ambiente y daños a la salud del consumidor. Esto desembocó en diversos movimientos a favor del medio ambiente y en la creación de agencias gubernamentales dedicadas a monitorear cosas como la calidad del aire, del agua, del suelo, etc., que, no obstante se trataron más de reacciones ante eventos que ya habían tomado lugar. No fue sino hasta 1992, en la declaración de Río (principio 15), en la que se dejó establecido el denominado "principio precautorio" como una forma de reconocimiento del hecho de que, en el pasado, muchas de las consecuencias de los desarrollos tecnocientíficos que nos resultaban completamente imprevisibles ahora las estamos padeciendo y no sabemos cómo resolverlas, por lo que en el futuro es mejor actuar con cautela.

> PRINCIPIO 15 Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente.

Lo que se halla entonces detrás del establecimiento del principio precautorio es la necesidad de actuar contra la incertidumbre cuando al menos existe la posibilidad de que el daño que resulte de la producción de un objeto u evento pueda ser grave o irreversible, lo cual, sin embargo es un poco ambiguo, ya que tales términos pueden estar sujetos a una variedad grande de interpretaciones.

5. ¿Crear conciencia? Un ejemplo útil para el aula: el ciclo del efecto PCH

Uno de los problemas más comunes en el desarrollo de las actividades tecnocientíficas son los efectos imprevistos que resultan de dichos desarrollos. Estos efectos han demostrado no ser nada despreciables ya que, precisamente, muchas veces han resultado ser de mayores consecuencias que el problema que originalmente logró resolver el desarrollo tecnocientífico vinculado a ellas. Para entender esto con más claridad, describimos a continuación un ciclo que trata de describir analógicamente cómo se desarrolla una actividad tecnológica y cómo muchas veces, aparecen eventos colaterales, relacionados con ella, de un carácter completamente imprevisto y dañino para el medio ambiente y/o la salud. Hemos denominado a nuestra analogía *efecto PCH* (figura 9), porque describimos cómo el desarrollo de una buena idea, la fabricación de un ingenio como el *Plastic Can Holder* (los sujetadores plásticos de latas de aluminio), ha tenido un papel perjudicial para la fauna de diversos ecosistemas debido a la facilidad con que quedan atrapadas algunas especies en ellos.

La descripción del ciclo inicia, desde luego, con el planteamiento de un problema, la búsqueda de una solución para dicho problema y la adquisición de los medios para implementarla; y posteriormente, la implementación de la solución y la caracterización de los efectos previstos de dicha implementación. Empero, el efecto no termina ahí, ya que aparecen, tarde o temprano, los efectos imprevistos de dicha implementación los cuales suelen producirse en el ámbito de la ignorancia y, ocasionalmente, en el de la incertidumbre; además de que re-plantean el problema original en otro ámbito y contexto, tal vez por eso muchos piensan que los desarrollos tecnocientíficos tapan un hoyo abriendo otro, incluso más grande. Sin embargo, el problema radica en la

persistencia y no exactamente en el desarrollo mismo de las actividades tecnocientíficas. Esto significa que una vez identificado el problema no se hace nada por resolverlo, pero no porque no se pueda, sino por cuestiones monetarias o políticas, lo cual nos traslada a otro plano, el de los valores y la participación pública en la toma de decisiones y el desarrollo de políticas de sustentabilidad, que por motivos de espacio y tiempo ya no podemos analizar aquí.

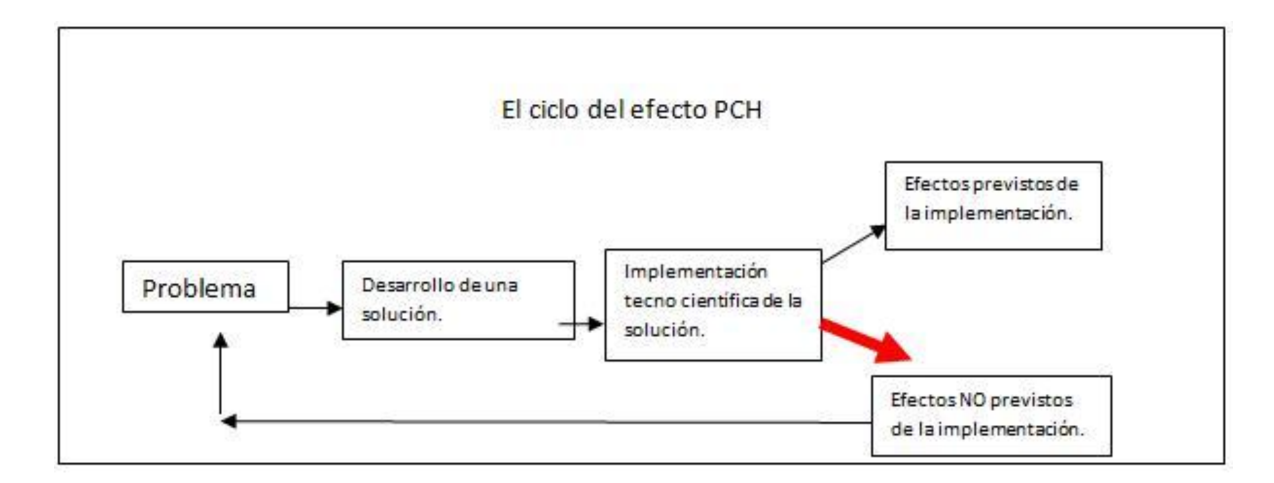


Figura 9 Modelo simplificado del ciclo del efecto PCH

En la figura 10 mostramos una actividad didáctica concreta relacionada con el ciclo antes descrito por medio de la cual se trata de contextualizar a los alumnos en la relación intrínseca entre la innovación científica y tecnológica con la necesidad de la constante aplicación del principio precautorio, todo esto en el marco de una educación científica que posea una visión clara de ciencia basada en los principios de la educación CTS.



Figura 10. Actividad didáctica que relaciona con ejemplos familiares la relación entre I+D y el principio precautorio.

6. Conclusiones

En este trabajo hemos intentado mostrar la importancia que tiene la relación entre la filosofía de la ciencia y el currículo de ciencias para la formación de una visión de ciencia en el docente activo, desde la educación básica hasta la profesional. La forma en la que se enseña ciencia tiende a variar en manera proporcional a la visión de ciencia que tiene el docente, y esta, de una u otra manera, se transmite a los estudiantes, quienes a largo plazo recienten los efectos en su desempeño tanto escolar como profesional. En el caso de México, hemos podido mostrar ejemplos de cómo la visión de ciencia en el currículo de las distintas reformas se articula de manera algo ambigua entre los principios de la educación CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) y los principios del positivismo lógico (concepción heredada), que finalmente son los que han modelado las características de lo que popularmente se entiende por ciencia.

La relación entre la formación de una visión de ciencia adecuada y la filosofía de la ciencia, se vuelve más apremiante al considerar los resultados obtenidos por México en la prueba PISA, ya que lo que ello ha podido demostrar, no es necesariamente una falta solamente de pericia en al ámbito de las competencias disciplinarias por parte de los estudiantes, sino también de la visión de ciencia que poseen, ya que, como lo

mencionamos más arriba, PISA trata de evaluar lo que denomina como competencia científica, pero esta competencia científica es definida como;

> La capacidad de un individuo que tiene conocimiento científico y lo utiliza para identificar temas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y obtener conclusiones basándose en evidencias acerca de problemas relacionados con la ciencia, con el fin de comprender y tomar decisiones relativas al mundo natural y a los cambios producidos por la actividad humana. (INEE, 2009)

Lo cual implica no solamente poder resolver problemas de lápiz y papel, sino tener una serie de valores y actitudes que el sólo estudio de los contenidos estrictamente disciplinarios de una materia, digamos física, química, biología o geología, no pueden articular sin una visión de ciencia detrás. Estos valores y actitudes se integran al ver casos concretos como el ejemplo mostrado con el ciclo del efecto PCH, en el que al estudiante se le muestra de qué manera se toman decisiones y que implicaciones lógicas y reales se deben y pueden tener en cuenta.

Referencias.

Secretaria de Educación Pública (2011), Programas de estudio 2011: guías para el maestro, Educación básica, secundaria, ciencias. México, 2011. Primera edición electrónica, disponible en http://basica.sep.gob.mx/reformaintegral/sitio/pdf/secundaria/plan/CienciasSec11.pdf

Secretaria de Educación Pública (2009), Programas de estudio 2009: Sexto grado, Educación básica, primaria, ciencias. México, 2009. Disponible en http://www2.sepdf.gob.mx/info_dgef/archivos/materiales_educativos/6toGRADO.pdf

Laspra, Pérez Belén. (2010) EDUCACION PARA LA CIUDADANÍA Enseñar la ciencia: de la concepción heredada a los estudios CTS. Ponencia presentada en el Congreso Iberoamericano de Educación METAS 2012, Buenos Aires, Argentina, septiembre de 2010. Disponible en http://www.chubut.edu.ar/descargas/secundaria/congreso/EDUCCIUDADANIA/RLE2600_Laspra.pdf

ACEVEDO, J. A. (2010). FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE CIENCIAS Y ENSEÑANZA DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 7, núm. 3, septiembre, 2010, pp. 653-660, disponible en http://www.dgespe.sep.gob.mx/public/rc/programas/material/formacion_del_profesorado_de_ciencias.pdf

Vázquez Alonso, Ángel, et. al. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. En línea en *Sala de Lecturas CTS+I de la OEI*, disponible en: http://www.oei.es/salactsi/acevedo20.htm#1

Instituto nacional para la evaluación de la educación INEE (2009) México en PISA 2009, Capitulo 4, desempeño en ciencias. Disponible en: http://www.inee.edu.mx/images/stories/Publicaciones/Estudios_internacionales/PISA_2009/Partes/pisa2009-9b.pdf

Instituto nacional para la evaluación de la educación INEE (2012) México en PISA 2012, Disponible en: http://publicaciones.inee.edu.mx/buscadorPub/P1/C/I125/P1CI125.pdf

Hanson, N.R. (1958). Patterns of Discovery. An inquiry into the conceptual foundations of science. Cambridge, MA: Cambridge University Press. Traducción de E. García Camarero (1977): Patrones de descubrimiento. Investigación de las bases conceptuales de la ciencia. Madrid: Alianza.

Kuhn, T.S. (1962). The Structure of Revolutions. Chicago, IL: University of Chicago Press. Traducción de A. Contín (1971): La estructura de las revoluciones científicas. México DF: FCE.

Pérez-Ransanz, A.R. (1999). Kuhn y el cambio científico. México DF: FCE.

Soriano Sandoval, Rossana (2009). La Noción de objetividad en Kuhn, tesis de Maestría, UNAM, México.

Olivé, León (2000), el bien, el mal y la razón: facetas de la ciencia y la tecnología, paidós-Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992). Declaración de Rio sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Rio de Janeiro. Disponible en: http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm